

**Н.Г. МИХАЛЕВИЧ**, ассистент, ХНАДУ (г. Харьков)

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ РАВНОВЕСИЯ ВПУСКНОГО И ВЫПУСКНОГО МЕМБРАННОГО КЛАПАНА МОДУЛЯТОРА ДАВЛЕНИЯ**

Визначені розрахункова схема електропневматичного гальмівного приводу та модулятора тиску. Наведені дві конструктивні схеми мембранного клапана. Визначені межі рівноваги мембранних клапанів з умови їх роботи.

The accounting scheme electropneumatic brake drive and modulator of the pressure are described. They are brought two constructive schemes of membrane valve. The Certain borders of the balance of membrane valve from condition of their work.

Минимизация зоны нечувствительности является одной из важных задач при разработке алгоритма управления модулятором электропневматического привода тормозов (ЭПТП). От величины зоны нечувствительности зависит качество регулирования, расход сжатого воздуха, и, как следствие, комфорт и безопасность при торможении автотранспортного средства.

В конце прошлого века разными коллективами были проведены обширные работы по исследованию и созданию ЭПТП для таких заводов как ЗИЛ, КамАЗ, и МАЗ. Результаты испытаний отражены в работах [1, 2, 3]. На сегодняшний момент регулярно публикует отчёты об испытаниях своих систем только фирма WABCO [4] в то время как отечественные производители существенно сократили объёмы исследований.

Создание оптимального алгоритма управления не возможно без исследования характеристик объекта регулирования и регулятора. Для оценки возможностей регулирования давления исследуем свойства мембранного клапана модулятора давления применяющегося в большинстве современных электропневматических тормозных аппаратах с управляющей электроникой.

Силовая часть контура современного тормозного привода с управляющими электрическими элементами отражена на рисунке 1. Обозначим характерные параметры каждого объёма расчётной схемы одного контура ЭПТП. Каждому давлению, температуре и объёму присвоим индексы соответствующие расчётным ёмкостям. К ним также относятся объёмы трубопроводов соединяющие ресивер с модулятором, а также модулятор с тормозной камерой. В соединении каждого трубопровода с аппаратом имеется местное гидравлическое сопротивление, которое характеризуется эффективной площадью (произведение коэффициента расхода и площади проходного сечения) [5].

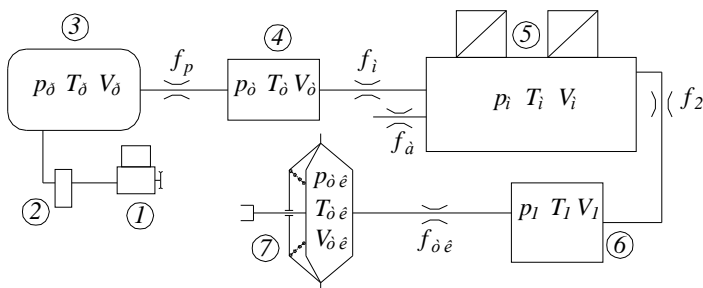


Рисунок 1 – Расчётная схема пневматической части привода:

1 – компрессор; 2 – регулятор давления; 3 – ресивер; 4 – трубопровод; 5 – модулятор давления; 6 – трубопровод; 7 – тормозная камера;  $T, V, p$  - температура, объём и давление воздуха соответствующих объёмов;  $f$  - эффективные площади соответствующих звеньев.

В трубопроводе между модулятором и тормозной камерой имеет место движение воздуха как от модулятора к тормозной камере, так и обратно, при этом давление в тормозной камере может монотонно повышаться или монотонно снижаться. В трубопроводах между ресивером 3 и модулятором 5 воздух движется только в одном направлении, от ресивера к модулятору. В пневматическую часть модулятора входит его основная проточная полость, управляющие полости мембранных клапанов, а также каналы подвода воздуха к ним. Расчётная схема (см. рис. 2) описывает функциональные связи электромагнитных клапанов и пневматической части модулятора. Все гидравлические сопротивления представлены на схеме эффективной площадью проходного сечения. Подача и сброс давления к управляющим полостям мембран А (рис. 3) осуществляется при помощи двухпозиционных электромагнитных клапанов. В нормально открытом положении электромагнитного клапана воздух от канала, находящегося под постоянным давлением, поступает в управляющую полость мембраны А, и мембранный клапан прижимается к седлу, закрывая тем самым впускной клапан модулятора. При срабатывании электромагнитного клапана воздух из управляющей полости выходит в атмосферу, и мембрана открывает впускной клапан модулятора. Впускной клапан модулятора работает аналогично впускному. Так как на функциональные поверхности 2 и 3 впускной и выпускной мембран действуют различные давления (см. рис. 3) то условия при которых начнётся их срабатывание также будут различными. Оценить величину давления в управляющей полости, при достижении которой начнётся перемещение клапана, можно проанализировав баланс сил воспринимаемых мембраной.

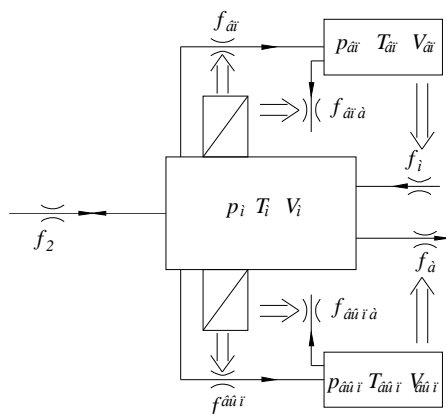


Рисунок 2 – Расчётная схема модулятора:

$V_{en}$ ,  $T_{en}$ ,  $p_{en}$  - объём, температура и давление воздуха в управляющей полости впускного мембранного клапана модулятора;  $V_{aen}$ ,  $T_{aen}$ ,  $p_{aen}$  - объём, температура и давление воздуха в управляющей полости выпускного мембранного клапана модулятора;  $V_m$ ,  $T_m$ ,  $p_m$  - объём, температура и давление воздуха проточной полости модулятора;  $f_{en}$  - эффективная площадь впускного канала электромагнитного клапана управляющего впускной мембраной;  $f_{ena}$  - эффективная площадь выпускного канала электромагнитного клапана управляющего впускной мембраной;  $f_{aen}$  - эффективная площадь выпускного канала электромагнитного клапана управляющего выпускной мембраной;  $f_{ama}$  - эффективная площадь выпускного канала электромагнитного клапана управляющего выпускной мембраной;  $f_m$  - эффективная площадь впускного клапана модулятора открывающего доступ воздуху из ресивера;  $f_a$  - эффективная площадь выпускного клапана модулятора выпускающего воздух в атмосферу;  $f_2$  - эффективная площадь канала модулятора соединённого с тормозной камерой; < - стрелками показаны связи между элементами модулятора и переменными эффективными площадями.

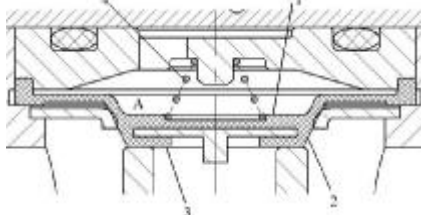


Рисунок 3 – Управляющая полость мембраны (мембранный клапан закрыт):

1 – поверхность мембраны воспринимающая управляющее давление; 2 – поверхность мембраны воспринимающая давление за модулятором; 3 – поверхность мембраны воспринимающая давление в ресивере тормозного привода (или атмосферного давления, для выпускного клапана); 4 – пружина, обеспечивающая предварительное прижатие мембраны к седлу.

Очевидно, что существует некая величина давления в управляющей полости, при котором наступает равновесие сил действующих на мембрану. Поскольку у мембранного клапана практически отсутствует гистерезис, значение этого давления одинаково как для открытия так и для закрытия клапана.

Из уравнения движения мембраны (1) видно, что при определённом конструктивном исполнении скорость перемещения зависит только от перепада давлений.

$$S_1 \cdot P_1 + F_{np} - S_2 \cdot P_2 - S_3 \cdot P_3 = m_m \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} \quad (1)$$

где  $S_1$  – площадь мембраны,  $m^2$  (рис. 3) воспринимающая давление в управляющей полости  $P_1$ , Па;  $S_2$  – площадь мембраны,  $m^2$  воспринимающая давление  $P_2$ , Па;  $S_3$  – площадь мембраны,  $m^2$  воспринимающая давление  $P_3$ , Па;  $m_m$  – масса мембраны, кг;  $x$  – ход мембраны, м;  $F_{np}$  – усилие пружины, Н. Граничную величину давлений можно определить в начальный момент движения мембраны, когда  $\frac{d^2 x}{dt^2} = 0$

$$P_1 = \frac{S_2 \cdot P_2 + S_3 \cdot P_3 - F_{np}}{S_1} \quad (2)$$

Из соотношения (2) видно, что граничная величина давлений будет различной не только для впускного и выпускного клапанов, но и для разных конструктивных схем мембранного клапана.

*Конструктивная схема №1* (рис. 3).

На зону 1 мембраны воздействует давление управляющей полости.

На зону 2 мембраны воздействует давление воздуха из:

- ресивера (для впускной мембраны);
- атмосферы (для выпускной мембраны).

На зону 3 мембраны воздействует давление воздуха из тормозной камеры.

*Конструктивная схема №2* (рис. 3).

На зону 1 мембраны воздействует давление управляющей полости.

На зону 2 мембраны воздействует давление воздуха из тормозной камеры.

На зону 3 мембраны воздействует давление воздуха из:

- ресивера (для впускной мембраны);
- атмосферы (для выпускной мембраны).

Соотношение давлений в управляющих полостях для различных клапанов и их конструктивных схем в зависимости от давления в полости модулятора во время наполнения и опорожнения контура отражено на рис. 4, а их изменение в динамике наполнения контура на рис. 5.

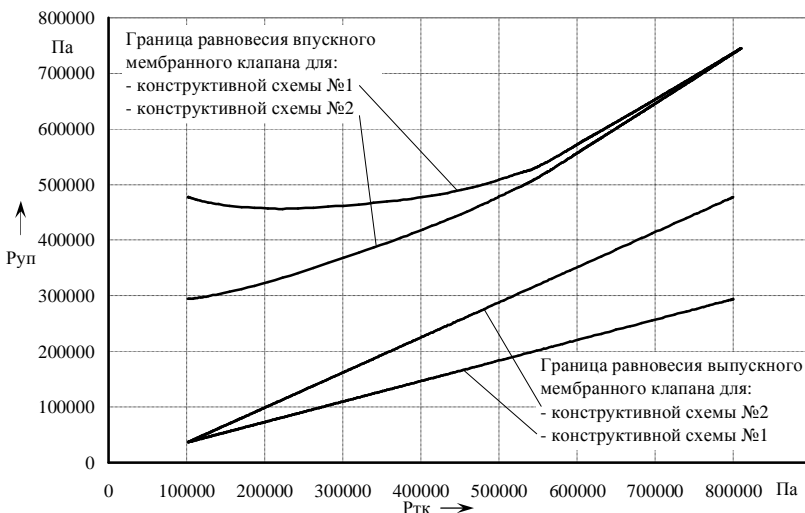


Рисунок 4 – Соотношение давлений на мембраны впускного и выпускного клапанов модулятора в зависимости от давления в тормозном контуре

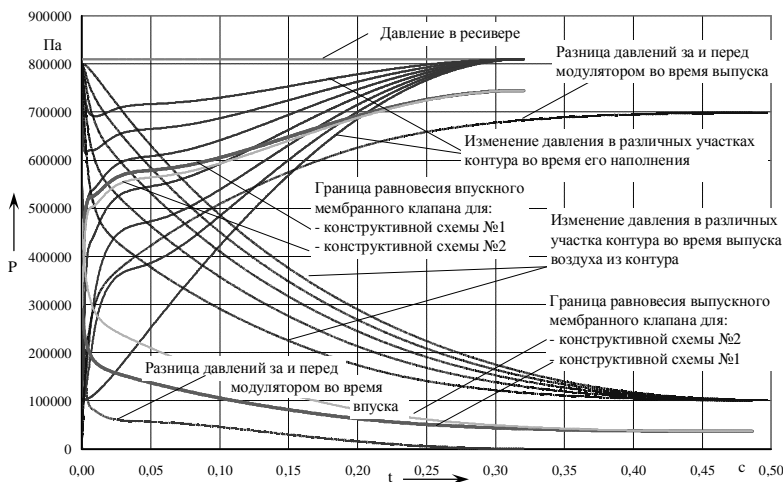


Рисунок 5 – Соотношение давлений на мембраны впускного и выпускного клапанов модулятора во время наполнения и опорожнения тормозной камеры

Наличие граничного давления наталкивает на мысль о нецелесообразности полного опорожнения или наполнения управляющих полостей. Так, например, полное опорожнение управляющей полости впускного клапана приведёт к неоправданно большому его времени срабатывания при закрытии за счёт времени наполнения и опорожнения управляющей полости до граничного давления. Чёткое срабатывание

впускной мембраны достигается, если давление в управляющей полости падает или повышается на величину 0,05...0,1 МПа ниже значения баланса давлений на мембране, компенсируя тем самым изменение объёма при перемещении мембранного клапана. Анализируя кривые баланса впускной мембраны и изменения давления в контуре на участке между модулятором и тормозной камерой (см. рис. 4, 5) можно допустить соединение выпускного канала управляющей полости впускной мембраны с проточной полостью модулятора. В этом случае получим конструкцию модулятора с уменьшенным расходом рабочего тела, так как весь воздух из управляющей полости впускной мембраны направляется в контур ЭПТП. Однако, в таком случае необходимо учесть что давление воздуха в ресивере должно быть на 100 кПа выше необходимого максимального давления в контуре ЭПТП. Как показали расчёты, предпочтение следует отдавать конструктивной схеме №1, как для впускного, так и для выпускного клапана, при использовании мероприятий по ограничению давления в управляющих полостях.

При конструктивных параметрах характерных для мембранных модуляторов имеет смысл ограничить минимальное давление в управляющей полости впускного клапана. Исходя из аналогичных соображений, также рационально ограничить максимальное давление выпускного клапана. Хотя для выпускного клапана увеличение быстродействия таким способом будет менее заметно, чем для впускного, поскольку оно влияет на время открытия мембраны. Конструктивная схема установки мембран №1 более предпочтительна, так как её границы равновесия менее растянуты во всём диапазоне изменения давлений в управляющих полостях.

**Список литературы:** 1. Electronically Controlled Break System in motor coaches. System and functional Description. [Электронный ресурс]: Технический проспект. A Division WABCO Standart GmbH. EBS (EPB) –2003 edition 32с. – Электрон. текстовые данные. WABCO 2005. 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM) – Системные требования: Windows. Acrobat Reader. – Заголовок с титул. экрана. 2. *Попов А. И.* Разработка и исследование электропневматического тормозного привода автопоезда: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 / *Попов Андрей Иванович.* – М., 1988. – 180 с. 3. *Нужный В. В.* Разработка электропневматического тормозного привода автотранспортного средства: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 / *Нужный Владимир Владимирович.* – Донецк, 1996. – 220 с. 4. Technical Report No. EB 134.1E for Trailer EBS D generation with Roll Stability support (RSS) [Электронный ресурс]. – Hanover: WABCO INFORM, 2007. – 21 p. – Режим доступа: [www.wabco-auto.com](http://www.wabco-auto.com). 5. *Герц Е. В.* Расчёт пневмоприводов / *Е. В. Герц, Г. В. Крейнин.* – М., «Машиностроение», 1975. – 272 с. – (Справочное пособие).

*Поступила в редколлегию 07.12.2009*